

⑩ 日本国特許庁 (JP)
⑫ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開
昭58—85588

⑬ Int. Cl.³
H 01 S 3/30

識別記号 庁内整理番号
6370—5 F

⑭ 公開 昭和58年(1983)5月21日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 3 頁)

⑮ 波長多重光増幅装置

⑯ 発明者 松下茂雄
東京都港区芝五丁目33番1号日
本電気株式会社内
⑰ 出願人 日本電気株式会社
東京都港区芝5丁目33番1号
⑱ 代理人 弁理士 内原晋

⑲ 特 願 昭56—183300
⑳ 出 願 昭56(1981)11月16日
㉑ 発 明 者 鷺尾邦彦
東京都港区芝五丁目33番1号日
本電気株式会社内

明 細 書

1. 発明の名称

波長多重光増幅装置

2. 特許請求の範囲

波長の異なる複数の信号光と、前記信号光に対応してそれぞれラマン利得を与えるような短波長域に設定された波長の異なる複数の励起光とを光合波して光ファイバ誘導散乱増幅媒体に入力して増幅するようにしたことを特徴とする波長多重光増幅装置。

3. 発明の詳細な説明

この発明は、波長の異なる複数の信号光を増幅できるようにした長距離光伝送用の波長多重光増幅装置に関する。

光ファイバの低損失を波長域を高度に利用するために、各種の波長多重光増幅装置が提案され、同一方向あるいは双方向の大容量、かつ経済的な

光伝送が行なわれるようになった。信号を長距離伝搬させるには中継増幅器が必要となるが、従来の光増幅装置においては、再生中継器や、増幅波長帯域の狭いレーザ増幅器が用いられていたために、波長多重された信号光を中継するには、波長の異なる複数の信号光を一旦分波し、それらを個々に再生増幅、あるいは直接レーザ増幅したあとで、再びこれらの信号光を波長多重回路により多重化するという極めてやっかいな手段を用いなければならず、このため波長多重光の長距離伝送は、従来、実用化が阻まれていた。

この発明の目的は上述した従来の欠点を除去し、波長の異なる複数の信号光を簡単に増幅できるようにした高性能かつ経済的な長距離光伝送用の波長多重光増幅装置を提供することにある。

本発明の波長多重光増幅装置は、波長の異なる複数の信号光と、前記信号光に対応してそれぞれラマン利得を与えるような短波長域に設定された波長の異なる複数の励起光とを光合波して光ファイバ誘導散乱増幅媒体に入力して増幅するように

したことを特徴とする。

次に、この発明による波長多重光増幅装置について、図面を参照して詳細に説明する。

第1図は、この発明による一実施例の構成をブロック図により示したものである。図において、10、20は波長の異なる2つの信号光（それぞれの波長を λ_{s1} 、 λ_{s2} とする）を伝送する光伝送路、30は光合波器、40は光ファイバ誘導散乱増幅媒体、50はフィルタである。

光伝送路10より光合波器30に入射する入力信号は、波長がそれぞれ $\lambda_{s1} = 1.12 \mu\text{m}$ 、 $\lambda_{s2} = 1.40 \mu\text{m}$ で、ビットレートはともに400 Mb/sである。その入力信号レベルは、ピーク値でともに-35 dBmと微弱である。

61および62は、それぞれ波長1.064 μm 、1.32 μm で発振する連続発振YAGレーザであり、それらの出力光は前記光合波器30内に設けられた多層膜反射鏡31および結合レンズ系32を介して光ファイバ誘導散乱増幅媒体40に入射し、これを励起する。この増幅媒体40に入射す

- 3 -

る。このため、この発明の実施例では、光ファイバ誘導散乱増幅媒体40として、零分散波長が1.6 μm と、信号光や励起光の波長より十分離れるように設計された $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ コア（コア径5 μm ）の単一モードファイバが用いられている。これにより4光子混合効果の発生が避けられる結果、前記光ファイバ誘導散乱増幅媒体40は、励起光から波数にして450 cm^{-1} 程度離れた長波長域の信号光に対してラマン増幅を効果的に行なうことができる。

第2図は、本実施例に用いた信号光（ λ_{s1} 、 λ_{s2} ）と励起光（ λ_{p1} 、 λ_{p2} ）のスペクトル配置を示す模式図である。図において、101、102はそれぞれ波長 λ_{p1} 、 λ_{p2} の励起光によるラマン利得スペクトルである。信号光の波長 λ_{s1} 、 λ_{s2} はそれぞれこれらラマン利得スペクトル101、102のほぼピーク波長に一致するようにあらかじめ選ばれている。したがって、前記 λ_{s1} 、 λ_{s2} の2つの信号光はともに効率よく直接光増幅される。第1の信号光の波長 λ_{s1} と第2の信号光の波長 λ_{s2}

- 5 -

特開昭58-85588(2)

る励起光のレベルはともに+36 dBmである。これにより前記2つの信号光はともに33 dB増幅され、フィルタ50を介して光伝送路20に結合される。光伝送路20に入力する信号レベルは約-5 dBとかなり大きく強められている。フィルタ50では、フィルタ50内に設けられた多層膜反射鏡51により、光ファイバ誘導散乱増幅媒体10を透過してきた不要な励起光を除去するようにしている。

光ファイバ中の誘導散乱を用いた光増幅については、例えばエレクトロニクスステーズ(Electronics Letters)、1980年8月14日発行の、第16巻、第658頁から660頁に記載の篇尾他による論文に示されている。光ファイバ中の光増幅に主として寄与する効果としては、4光子混合効果と誘導ラマン散乱効果とがある。4光子混合効果が生じると、信号光を増幅するほかに、新たにアンチストークス光を発生する。このアンチストークス光はクロストークの一つの原因ともなるため、4光子混合効果の発生は避ける必要がある。

- 4 -

とは、波数にして約1800 cm^{-1} と、ラマン散乱のストークス周波数シフト（ $\sim 450 \text{cm}^{-1}$ ）より十分離れているので、これら2つの信号光が増幅される過程において信号間に干渉が生じたり、クロストークが生じたりすることはない。

従来のレーザ増幅器においては、このように大きく波長の離れた信号光については、それぞれ個別にレーザ増幅する必要があったが、この発明によれば単一の光ファイバ誘導散乱増幅媒体を用いることにより、波長の異なる信号光をわざわざ分岐することなく一挙に直接光増幅できる。

以上述べたごとく、この発明によれば、波長の異なる複数の信号光を簡便に増幅できるようにした高性能かつ経済的な長距離光伝送用の波長多重光増幅装置が得られる。

なお、この発明は、上述した一実施例に見られる構成のみに限定されることなく、いくつかの変形が考えられる。例えば、上述の実施例においては、簡単のために信号光の波長として2波長のみを考えたが、例えば0.799 μm のクリプトンレ

- 6 -

ーザ光を新たな励起光として用いることにより、波長0.83 μm の信号光を第3の信号光として用いるようにもできる。

光ファイバ誘導散乱増幅媒体の、信号変化に対する応答速度は極めて高速なので、例えば波長1.40 μm の信号光のビットレートを400 Mb/sから1.6 Gb/sと高速化しても差しつかえない。信号光としては、パルス振幅変調により2値符号化された光パルスを用いるのが簡便であるが、光パルスとして、例えばパルス位置変調やパルス幅変調されたものを用いることもできる。励起レーザー光の出力にゆらぎが存在すると、増幅された信号光のレベルが大きく変動するので、励起レーザー光の出力は例えば $\pm 1\%$ 以下に安定化しておくことが望ましい。

励起用レーザーとして、この発明の実施例では連続発振YAGレーザーを用いたが、この代りに高出力なパルス発振の得られる半導体レーザーやEr：ガラスレーザーなどを用いるようにもできる。

なお、この発明の実施例においては、フィルタ

特開昭58-85558(3)

50が光伝送路の途中に設けられたが、光伝送路20がコア径の大きなマルチモードファイバであって、該光伝送路20の中では誘導散乱を生ずる恐れがないなどの場合にはフィルタ50を省略することができる。

4. 図面の簡単な説明

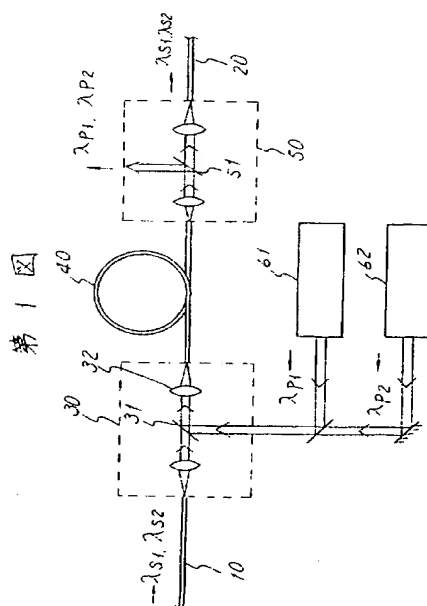
第1図はこの発明による一実施例の構成を示すブロック図である。第2図は、この実施例において用いられる信号光ならびに励起光のスペクトル配置を示す模式図である。

10、20……光伝送路、30……光合波器、31……多層膜反射鏡、32……結合レンズ系、40……光ファイバ誘導散乱増幅媒体、50……フィルタ、51……多層膜反射鏡、61……波長1.064 μm のYAGレーザー、62……波長1.32 μm のYAGレーザー、101……励起光(波長 λ_{p1})によるラマン利得スペクトル、102……励起光(波長 λ_{p2})によるラマン利得スペクトル、 λ_{s1} 、 λ_{s2} ……信号光の波長。

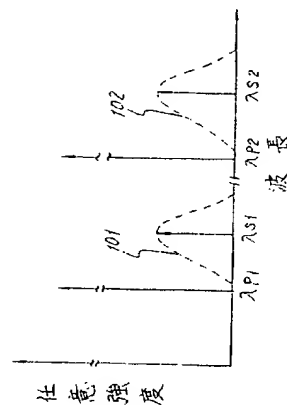
代理人 弁理士 内 原 崇

- 7 -

- 8 -



第2図



This Page Blank (uspto,